

ANALISA PERBANDINGAN PERHITUNGAN KAPASITAS MENGGUNAKAN METODE GREENSHIELDS, GREENBERG, DAN UNDERWOOD TERHADAP PERHITUNGAN KAPASITAS MENGGUNAKAN METODE MKJI 1997

Ririn Gamran,

Freddy Jansen, M. J. Paransa

Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi

email: riringamran07@gmail.com

ABSTRAK

Kota Manado memiliki beberapa ruas jalan yang sering terjadi masalah lalu lintas seperti kemacetan. Kemacetan tersebut disebabkan karena peningkatan ekonomi yang juga menyebabkan mobilitas seseorang meningkat sehingga terjadi pergerakan lalu lintas yang cukup tinggi. Demikian juga yang terjadi di ruas jalan raya Manado-Tomohon di depan halte bus Trans Kawanua sebagai daerah studi. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan manajemen lalu lintas yang terencana dan terarah dengan terlebih dahulu mengetahui karakteristik lalu lintas seperti volume dan kecepatan dengan melakukan studi pada luas jalan tersebut.

Studi dalam penelitian ini dilakukan di ruas jalan raya Manado-Tomohon selama tiga hari survey, yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas yang ada di ruas jalan tersebut, dengan metode yang digunakan adalah model Greenshields, Greenberg, dan Underwood yang kemudian dibandingkan dengan kapasitas menggunakan metode MKJI 1997. Kapasitas yang digunakan dengan pemodelan Greenshields, Greenberg, dan Underwood didapat dengan terlebih dahulu mencari hubungan matematis antara parameter Volume-Kecepatan-Kepadatan dan koefisien determinasi (R^2) yang tertinggi untuk tiga hari survey.

Dari hasil pemodelan didapat untuk model Greenshields koefisien tertinggi adalah hari Sabtu (arah Manado-Tomohon) dengan $R^2 = 0,8713$ dengan persamaan hubungan matematis $V = 51,51942.D - 0,58205.D^2$ dan Kapasitas (V_M) = 1140,04 smp/jam. Untuk model Greenberg koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu (arah Tomohon-Manado) dengan $R^2 = 0,9527$ dengan persamaan hubungan matematis $V = 76,3554.D - 14,1890.D \ln D$ dan Kapasitas (V_M) = 1134,30 smp/jam. Untuk model Underwood koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu (arah Tomohon-Manado) dengan $R^2 = 0,9125$ dengan persamaan hubungan matematis $V = 40,38438.D \cdot e^{-0,0127.D}$ dan Kapasitas (V_M) = 1172,17 smp/jam. Untuk perhitungan dengan menggunakan MKJI didapat kapasitas (V_M) = 2790 smp/jam. Berdasarkan perhitungan dari ketiga model tersebut yang paling mendekati dengan perhitungan MKJI adalah model Greenberg.

Kata Kunci : Kapasitas, Greenshields, Greenberg, Underwood.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jalan Raya Manado-Tomohon merupakan jalan umum yang cukup ramai oleh kendaraan-kendaraan baik dari arah Manado-tomohon maupun arah Tomohon-Manado. Hal ini yang menyebabkan menurunnya kecepatan arus lalu lintas dan menurun pula kinerja jalan tersebut, terutama pada jam-jam sibuk ruas jalan ini sering terjadi kemacetan. Oleh karena itu penulis ingin membuat penelitian untuk mengetahui perilaku lalu lintas pada jalan raya Manado-Tomohon dengan judul "Analisa

perbandingan perhitungan kapasitas dengan menggunakan metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood terhadap perhitungan kapasitas menggunakan metode MKJI 1997".

Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan tiga parameter hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan lalu lintas model Greenshields, Greenberg, dan Underwood.
2. Membandingkan kapasitas dari ruas jalan raya Manado-Tomohon dengan menggunakan

metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood kemudian dibandingkan dengan kapasitas yang dihitung dengan menggunakan metode MKJI 1997.

Manfaat Penelitian

1. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan masukan bagi perencana jalan sehingga dapat dihasilkan perencanaan yang tepat, efisien, dan efektif.
2. Dapat memberikan informasi yang penting khususnya kepada pemerintah dalam mengatur lalu lintas sehingga kemacetan dapat diatasi dengan baik.
3. Penelitian ini dapat menjadi sumber referensi untuk penelitian-penelitian lanjutan mengenai kapasitas jalan tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan survey geometrik jalan, volume lalu lintas, dan kecepatan rata-rata kendaraan. Data survey ini kemudian dianalisa untuk mendapatkan hasil kapasitas yang dihitung dengan menggunakan metode Greenshields, Greenberg, dan Underwood kemudian dibandingkan dengan kapasitas menggunakan MKJI 1997.

TINJAUAN PUSTAKA

Volume

Arus (*Volume*) lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melewati suatu titik tertentu dalam satuan ruas jalan tertentu dalam satu satuan waktu tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/jam.

Kepadatan

Kepadatan (*Density*) lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang berada dalam satu satuan panjang jalan tertentu, biasa dinyatakan dalam satuan kendaraan/km.

Kecepatan

Kecepatan (*Speed*) lalu lintas adalah jarak yang dapat ditempuh dalam satu satuan waktu tertentu, biasanya dinyatakan dalam satuan km/jam.

Kapasitas

Kapasitas didefinisikan sebagai arus maksimum yang dapat dipertahankan persatuan jam yang melewati suatu titik di jalan dalam

kondisi yang ada. Persamaan umum untuk menghitung kapasitas suatu ruas jalan menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia 1997 (MKJI 1997) untuk daerah luar kota adalah sebagai berikut:

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Dimana:

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C₀ = Kapasitas dasar (smp/jam)
- FC_w = Faktor penyesuaian akibat lebar jalur lalu lintas
- FC_{SP} = Faktor penyesuaian akibat pemisah arah
- FC_{SF} = Faktor penyesuaian akibat hambatan samping

Hubungan Matematis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalu Lintas

Hubungan matematis antara kecepatan, arus, dan kepadatan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$V = D.S \dots\dots\dots(1)$$

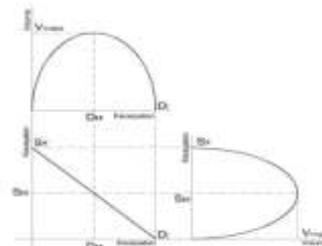
Dimana:

- V = Arus (smp/jam)
- D = Kepadatan (kend/km)
- S = Kecepatan (km/jam)

Hubungan matematis antar parameter tersebut dapat juga dijelaskan dengan menggunakan Gambar 2.1 yang memperlihatkan bentuk umum hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan (S – D), Arus – Kepadatan (V – D), dan Arus – Kecepatan (V – S).

Dimana:

- V_{maks} = Kapasitas atau volume maksimum
- S_m = Kecepatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum
- D_m = Kepadatan pada kondisi volume lalu lintas maksimum
- S_{ff} = Kecepatan pada kondisi volume lalu lintas sangat rendah
- D_j = Kepadatan kondisi volume lalu lintas macet total.



Gambar 1 Hubungan matematis antara volume, kecepatan dan kepadatan.

Hubungan matematis antara kecepatan – kepadatan adalah berbanding terbalik, yang menyatakan bahwa apabila kepadatan lalu lintas meningkat, maka kecepatan akan menurun. Volume lalu lintas akan menjadi nol apabila kepadatan sangat tinggi sedemikian rupa sehingga tidak memungkinkan kendaraan untuk bergerak lagi. Kondisi seperti ini dikenal dengan kondisi macet total. Apabila kepadatan meningkat dari nol, maka kecepatan akan menurun sedangkan volume lalu lintas akan meningkat. Apabila kepadatan terus meningkat, maka akan dicapai suatu kondisi dimana peningkatan kepadatan tidak akan meningkatkan volume lalu lintas, malah sebaliknya akan menurunkan volume lalu lintas (lihat gambar 1). titik maksimum volume lalu lintas tersebut dinyatakan dengan kapasitas arus.

Ada tiga jenis model yang dapat digunakan untuk mempresentasikan hubungan matematis antara ke tiga parameter tersebut, yaitu:

1. Model Greenshields
2. Model Greenberg
3. Model Underwood

Model Greenshields

Greenshields merumuskan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan diasumsikan linear (Ofyar Tamin, 2000), seperti yang dinyatakan dalam persamaan (2).

$$S = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot D \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- S = Kecepatan (km/jam)
- Sff = Kecepatan pada saat kondisi arus lalu lintas sangat rendah atau pada kondisi kepadatan mendekati nol atau kecepatan mendekati nol atau kecepatan arus bebas (km/jam)
- Dj = Kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total (kend/km)

Hubungan matematis antara Arus–Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1), dan selanjutnya dengan memasukan persamaan (2) ke persamaan (1), maka bisa diturunkan persamaan (3)–(4).

$$S = \frac{V}{D} \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{V}{D} = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot D \dots\dots\dots(4)$$

$$V = D \cdot Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot D^2 \dots\dots\dots(5)$$

Persamaan (5) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus–Kepadatan. Kondisi arus maksimum (V_M) bisa didapat pada saat arus D = D_M. Nilai D = D_M bisa di dapat melalui persamaan.

Hubungan matematis antara Arus–Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1), dan dengan memasukan ke dalam persamaan (6) ke persamaan (2), maka bisa diturunkan melalui persamaan (7) – (9).

$$D = \frac{V}{S} \dots\dots\dots(6)$$

$$S = Sff - \frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{V}{S} \dots\dots\dots(7)$$

$$\frac{Sff}{Dj} \cdot \frac{V}{S} = Sff - S \dots\dots\dots(8)$$

$$V = Dj \cdot S - \frac{Dj}{Sff} \cdot S^2 \dots\dots\dots(9)$$

Persamaan (9) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus–Kecepatan.

Kondisi arus maksimum/ Kapasitas (V_M) didapat dengan persamaan:

$$V_M = \frac{Dj \times Sff}{4} \dots\dots\dots(10)$$

Kondisi kepadatan maksimum (D_M) didapat dengan persamaan:

$$D_M = \frac{Dj}{2} \dots\dots\dots(11)$$

Kondisi kecepatan pada saat arus maksimum (S_M) didapat dengan persamaan:

$$S_M = \frac{Sff}{2} \dots\dots\dots(12)$$

Model Greenberg

Greenberg mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan–Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi logaritmik (Ofyar Tamin, 2000). Lihat Tabel (13)

$$D = C \cdot e^{bS} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana C dan b bukan merupakan konstanta.

Jika persamaan (13) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (13) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (14), sehingga hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan selanjutnya dinyatakan dalam persamaan (2.20).

$$\ln D = \ln C + bS \dots\dots\dots(14)$$

$$bS = \ln D - \ln C \dots\dots\dots(15)$$

$$S = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots(16)$$

Hubungan matematis antara Arus – Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1), dan dengan

memasukkan persamaan (3) ke persamaan (16), maka bisa diturunkan persamaan (17) – (18).

$$\frac{V}{D} = \frac{\ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots(17)$$

$$V = \frac{D \ln D}{b} - \frac{\ln C}{b} \dots\dots\dots(18)$$

Persamaan (18) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kepadatan.

Hubungan matematis antara Arus – Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1), dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (6) ke persamaan (16), maka bisa diturunkan persamaan (19)-(20).

$$\frac{V}{S} = C \cdot e^{bS} \dots\dots\dots(19)$$

$$V = S \cdot C \cdot e^{bS} \dots\dots\dots(20)$$

Persamaan (20) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kecepatan (Kapasitas).

Model Greenberg tidak valid untuk kepadatan yang kecil, untuk $D = \infty$ (mendetaki nol), $S = \infty$. Kondisi kepadatan maksimum (D_M) didapat dengan persamaan:

$$DM = e^{\ln C - 1} \dots\dots\dots(21)$$

Kondisi kecepatan pada saat arus maksimum (S_M) didapat dengan persamaan:

$$S_M = -\frac{1}{b} \dots\dots\dots(22)$$

Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan bukan merupakan fungsi linear melainkan fungsi eksponensial (Ofyar Tamin,2000). Persamaan dasar model Underwood dapat dinyatakan melalui persamaan (23).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_M}} \dots\dots\dots(23)$$

Dimana:

- S_{ff} = Kecepatan arus bebas
- D_M = Kepadatan pada kondisi arus maksimum

Jika persamaan (23) dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka persamaan (23) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (2.28) sehingga hubungan matematis antara Kecepatan – Kepadatan, selanjutnya dapat juga dinyatakan dalam persamaan (24).

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D}{D_M} \dots\dots\dots(24)$$

Hubungan matematis antara Arus – Kepadatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1) dan dengan

memasukkan persamaan (4) ke persamaan (3), bisa diturunkan persamaan (25) – (26).

$$\frac{V}{D} = S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_M}} \dots\dots\dots(25)$$

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{-\frac{D}{D_M}} \dots\dots\dots(26)$$

Persamaan (26) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kepadatan.

Hubungan matematis antara Arus – Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1), dan selanjutnya dengan memasukkan persamaan (6) ke persamaan (23), bisa diturunkan persamaan (27) – (30).

$$S = S_{ff} \cdot e^{-\frac{V}{S \cdot D_M}} \dots\dots\dots(27)$$

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D}{S \cdot D_M} \dots\dots\dots(28)$$

$$\frac{V}{S \cdot D_M} = \ln S_{ff} - \ln S \dots\dots\dots(29)$$

$$V = S \cdot D_M (\ln S_{ff} - \ln S) \dots\dots\dots(30)$$

Persamaan (30) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus – Kecepatan (Kapasitas).

Model Underwood tidak valid untuk kepadatan yang tinggi, karena kecepatan tidak pernah mencapai nol pada saat kepadatan yang tinggi.

Kondisi kecepatan pada saat arus maksimum (S_M) didapat dengan persamaan:

$$S_M = e^{\ln S_{ff} - 1} \dots\dots\dots(31)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kapasitas (C) Dengan Menggunakan MKJI 1997

Untuk perhitungan Kapasitas diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$C = C_0 \times FC_w \times FC_{SP} \times FC_{SF}$$

Dimana :

- C = Kapasitas (smp/jam)
- C₀ = Kapasitas Dasar (smp/jam). Digunakan jalan dua-lajur dua-arah tak-terbagi dengan kapasitas dasar menurut tabel C₀ = 3000/lajur.
- FC_w = Faktor Penyesuaian Lebar Jalan. Menurut tabel. Untuk jalan dua lajur tak terbagi dengan lebar 7 meter, FC_w = 1,00

FC_{SP} = Faktor Penyesuaian Pemisah Arah, untuk jalan dengan pembatas faktor penyesuaian kapasitas pemisahan arah digunakan $FC_{SP} = 1,00$

FC_{SF} = Faktor Penyesuaian Hambatan Samping dan Bahu Jalan/Kerb. Untuk faktor penyesuaian hambatan samping digunakan faktor penyesuaian hambatan samping untuk jalan dengan kerb, dengan kelas hambatan samping sedang dan dengan jarak antara kerb d $FC_{SF} = 0,93$

Kapasitas (C) untuk jalan Dua-lajur dua-arah terbagi :

Hubungan Matematis Volume, Kecepatan, dan Kepadatan Lalulintas

Model Greenshields

Tabel 1 Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalu lintas dengan menggunakan model Greenshields

HARI	ARAH	MODEL GREENSHIELD		
		V_{50} (simp/jam)	S_{50} (km/jam)	D_{50} (kend/km)
Senin 9 Desember 2013	Masuki-Tonaton	1161,2371	21,9818	10,6336
	Tonaton-Masuki	1091,8148	17,4313	62,8091
Rabu 11 Desember 2013	Masuki-Tonaton	1283,4081	22,9837	55,8437
	Tonaton-Masuki	1234,4123	18,9198	73,0718
Sabtu 14 Desember 2013	Masuki-Tonaton	1140,0428	25,7397	44,2588
	Tonaton-Masuki	1134,9841	18,8917	81,3918

Tabel 2 Rekapitulasi Perhitungan Hubungan Karakteristik Antara Kecepatan - Kepadatan, Volume - Kepadatan, dan Volume – Kecepatan untuk model Greenshield

HARI	ARAH	MODEL GREENSHIELD		
		S - D	V - D	V - S
Senin 9 Desember 2013	Masuki-Tonaton	$S = 45,9717 - 0,4741 D$	$V = 45,9717 D - 0,4541 D^2$	$V = 101,2412 - 2,2022 S^2$
	Tonaton-Masuki	$S = 34,8701 - 0,2774 D$	$V = 34,8701 D - 0,2774 D^2$	$V = 121,7008 - 2,8048 S^2$
Rabu 11 Desember 2013	Masuki-Tonaton	$S = 45,9874 - 0,4116 D$	$V = 45,9874 D - 0,4116 D^2$	$V = 111,8875 - 2,4287 S^2$
	Tonaton-Masuki	$S = 33,8391 - 0,2913 D$	$V = 33,8391 D - 0,2913 D^2$	$V = 148,3717 S - 4,3199 S^2$
Sabtu 14 Desember 2013	Masuki-Tonaton	$S = 32,5184 - 0,2821 D$	$V = 32,5184 D - 0,2821 D^2$	$V = 98,5186 S - 1,7181 S^2$
	Tonaton-Masuki	$S = 37,8934 - 0,2304 D$	$V = 37,8934 D - 0,2304 D^2$	$V = 162,1818 S - 4,5768 S^2$

Model Greenberg

Tabel 3 Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalulintas dengan menggunakan model Greenberg

HARI	ARAH	MODEL GREENBERG		
		V_{50} (simp/jam)	S_{50} (km/jam)	D_{50} (kend/km)
Senin 9 Desember 2013	Masuki-Tonaton	1205,6185	16,8255	72,5163
	Tonaton-Masuki	963,85147	15,4155	64,4184
Rabu 11 Desember 2013	Masuki-Tonaton	2278,1001	11,3366	200,4207
	Tonaton-Masuki	1117,3329	16,4347	87,9037
Sabtu 14 Desember 2013	Masuki-Tonaton	1648,5707	13,6916	128,0019
	Tonaton-Masuki	1134,3003	14,1890	79,9421

Tabel 4 Rekapitulasi Perhitungan Hubungan Karakteristik Antara Kecepatan - Kepadatan, Volume - Kepadatan, dan Volume – Kecepatan untuk model Greenberg

HARI	ARAH	MODEL GREENBERG		
		S - D	V - D	V - S
Senin 9 Desember 2013	Masuki-Tonaton	$S = 17,8495 - 16,8211 D$	$V = 17,8495 D - 16,8211 D^2$	$V = 17,1875 S^2 + 1$
	Tonaton-Masuki	$S = 16,8220 - 15,4171 D$	$V = 16,8220 D - 15,4171 D^2$	$V = 17,1875 S^2 + 1$
Rabu 11 Desember 2013	Masuki-Tonaton	$S = 11,3314 - 11,3399 D$	$V = 11,3314 D - 11,3399 D^2$	$V = 94,7888 S^2 + 1$
	Tonaton-Masuki	$S = 11,3314 - 11,3399 D$	$V = 11,3314 D - 11,3399 D^2$	$V = 94,7888 S^2 + 1$
Sabtu 14 Desember 2013	Masuki-Tonaton	$S = 16,4975 - 13,8917 D$	$V = 16,4975 D - 13,8917 D^2$	$V = 141,2088 S^2 + 1$
	Tonaton-Masuki	$S = 16,4975 - 13,8917 D$	$V = 16,4975 D - 13,8917 D^2$	$V = 141,2088 S^2 + 1$

Model Underwood

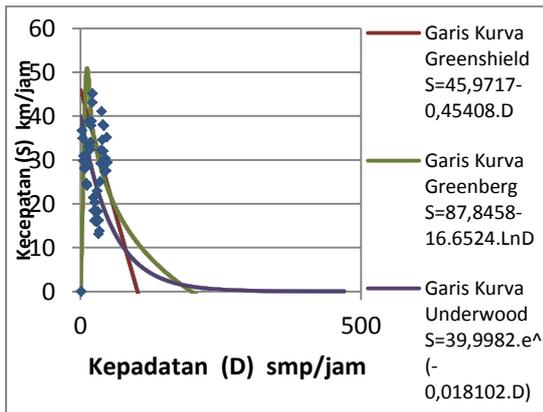
Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan lalulintas dengan menggunakan model Underwood

HARI	ARAH	MODEL UNDERWOOD		
		V_{50} (simp/jam)	S_{50} (km/jam)	D_{50} (kend/km)
Senin 9 Desember 2013	Masuki-Tonaton	1109,3784	20,1820	55,24248
	Tonaton-Masuki	978,2448	16,6830	58,6372
Rabu 11 Desember 2013	Masuki-Tonaton	1387,1384	18,0248	76,9573
	Tonaton-Masuki	1137,7472	13,8073	82,4020
Sabtu 11 Desember 2013	Masuki-Tonaton	1102,5919	21,4592	51,3808
	Tonaton-Masuki	1172,1669	14,8566	78,8988

Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan Hubungan Karakteristik Antara Kecepatan – Kepadatan - Volume untuk model Underwood

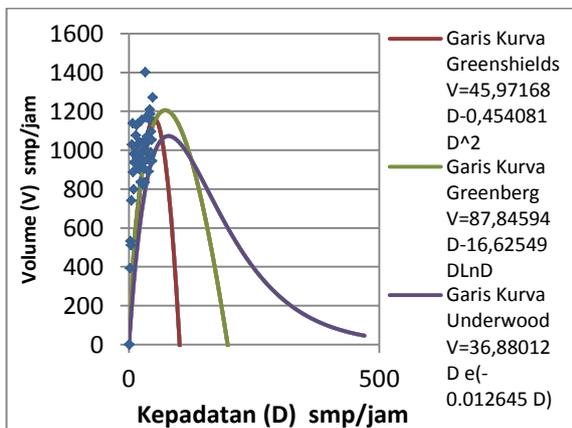
HARI	ARAH	MODEL UNDERWOOD		
		S-D	V-D	V-S
Senin 9 Des 2013	Manado-Tomohon	$S = 54,3840 \cdot e^{0,01122D}$	$V = 54,3840 \cdot D \cdot e^{0,01122D}$	$V = 220,960 \cdot S - 45,240 \cdot S \cdot D$
	Tomohon-Manado	$S = 45,5400 \cdot e^{0,01122D}$	$V = 45,5400 \cdot D \cdot e^{0,01122D}$	$V = 220,960 \cdot S - 45,240 \cdot S \cdot D$
Rabu 11 Des 2013	Manado-Tomohon	$S = 40,8640 \cdot e^{0,01122D}$	$V = 40,8640 \cdot D \cdot e^{0,01122D}$	$V = 220,960 \cdot S - 45,240 \cdot S \cdot D$
	Tomohon-Manado	$S = 37,5200 \cdot e^{0,01122D}$	$V = 37,5200 \cdot D \cdot e^{0,01122D}$	$V = 220,960 \cdot S - 45,240 \cdot S \cdot D$
Sabtu 14 Des 2013	Manado-Tomohon	$S = 50,5200 \cdot e^{0,01122D}$	$V = 50,5200 \cdot D \cdot e^{0,01122D}$	$V = 220,960 \cdot S - 45,240 \cdot S \cdot D$
	Tomohon-Manado	$S = 40,3400 \cdot e^{0,01122D}$	$V = 40,3400 \cdot D \cdot e^{0,01122D}$	$V = 220,960 \cdot S - 45,240 \cdot S \cdot D$

Kurva Hubungan Kecepatan dan Kepadatan



Gambar 2 Kurva Hubungan Matematis Antara Kecepatan dan Kepadatan untuk model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 9 Desember 2013 (arah Manado-Tomohon).

Kurva Hubungan Volume dan Kepadatan

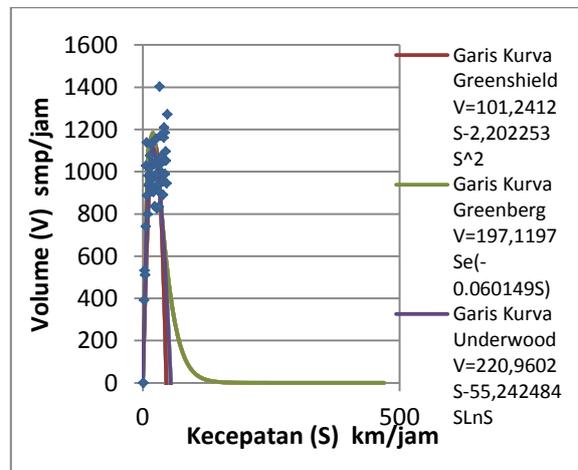


Gambar 3 Kurva Hubungan Matematis Antara Volume dan Kepadatan untuk model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 9 Desember 2013 (arah Manado-Tomohon).

Kapasitas Dasar	Faktor Penyesuaian Untuk Kapasitas			Kapasitas C
	Lebar Jalur	Pemisah arah	Hambatan Samping	
Smp/jam	FC _w	FC _{sp}	FC _{sp}	Smp/jam
1	2	3	4	(1/x)(2/x)(3/x)(4)
3000	1,00	1,00	0,93	2790

Gambar 3 Kurva Hubungan Matematis Antara Volume dan Kepadatan untuk model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 9 Desember 2013 (arah Manado-Tomohon).

Kurva Hubungan Volume dan Kecepatan



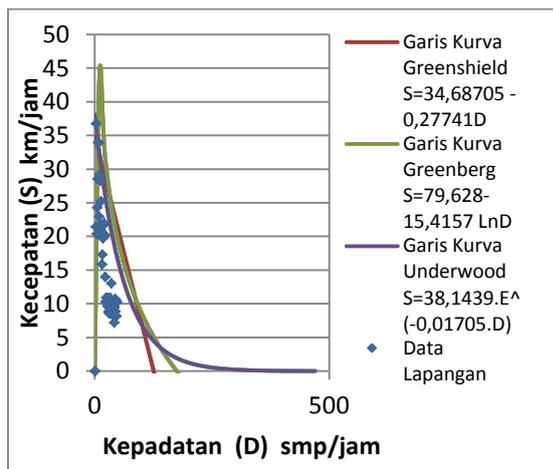
Gambar 4 Kurva Hubungan Matematis Antara Volume dan Kecepatan untuk model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 9 Desember 2013 (arah Manado-Tomohon)

Keterangan Gambar :

- Gambar 2 Grafik Hubungan Kecepatan dan Kepadatan
 Dari gambar dapat dilihat bahwa kecepatan tertinggi adalah 45,1883 km/jam pada kepadatan 22,9639 kend/km dan kecepatan terendah adalah 13.1291 km/jam pada kepadatan 63,5489 kend/km.
- Gambar 3 Grafik Hubungan Volume dan Kepadatan
 Dari gambar dapat dilihat bahwa :
 - Untuk model Greenshields, volume maksimum adalah sebesar 1163,381 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan $D = 50$ kend/km
 - Untuk model Greenberg, volume maksimum adalah sebesar 1199,408

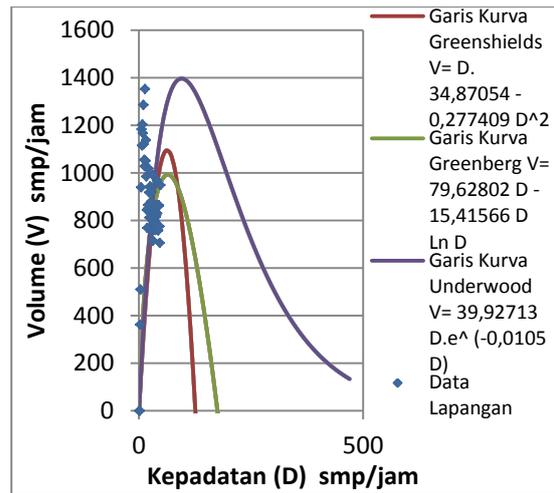
- smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan $D = 80$ kend/km
 - Untuk model Underwood, volume maksimum adalah sebesar 1072,835 Smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan $D = 80$ kend/km
3. Gambar 4 Grafik Hubungan Volume dan Kecepatan
- Dari gambar dapat dilihat bahwa :
- Untuk model Greenshields, volume maksimum adalah sebesar 1143,924 smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan $S = 20$ km/jam
 - Untuk model Greenberg, volumr maksimum adalah sebesar 1183,893 smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan $S = 20$ km/jam
 - Untuk model Underwood, volume maksimum adalah sebesar 992,087 Smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan $S = 30$ km/jam.

Kurva Hubungan Kecepatan dan Kepadatan



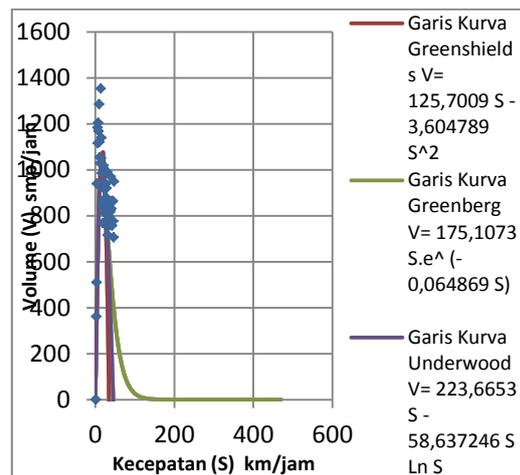
Gambar 5 Kurva Hubungan Matematis Antara Kecepatan dan Kepadatan untuk model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 9 Desember 2013 (arah Tomohon - Manado)

Kurva Hubungan Volume dan Kepadatan



Gambar 6 Kurva Hubungan Matematis Antara Volume dan Kepadatan untuk model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 9 Desember 2013 (arah Tomohon - Manado)

Kurva Hubungan Volume dan Kecepatan



Gambar 7 Kurva Hubungan Matematis Antara Volume dan Kecepatan untuk model Greenshield, Greenberg, dan Underwood pada hari Senin, 9 Desember 2013 (arah Tomohon - Manado)

Keterangan Gambar :

- Gambar 5 Grafik Hubungan Kecepatan dan Kepadatan
 Dari gambar dapat dilihat bahwa kecepatan tertinggi adalah 36,735 km/jam pada kepadatan 13,87 kend/km dan kecepatan terendah adalah 8,277 km/jam pada kepadatan 99,42 kend/km.
- Gambar 6 Grafik Hubungan Volume dan Kepadatan
 Dari gambar dapat dilihat bahwa :
 - Untuk model Greenshields, volume maksimum adalah sebesar 1093,56

- smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan $D = 60$ kend/km
- Untuk model Greenberg, volume maksimum adalah sebesar 990,6602 smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan $D = 60$ kend/km
 - Untuk model Underwood, volume maksimum adalah sebesar 1395,136 Smp/jam terjadi pada kondisi kepadatan $D = 100$ kend/km
3. Gambar 7 Grafik Hubungan Volume dan Kecepatan
- Dari gambar dapat dilihat bahwa :
- Untuk model Greenshields, volume maksimum adalah sebesar 1072,103 smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan $S = 20$ km/jam
 - Untuk model Greenberg, volume maksimum adalah sebesar 956,950 smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan $S = 20$ km/jam
 - Untuk model Underwood, volume maksimum adalah sebesar 960,077 Smp/jam terjadi pada kondisi kecepatan $S = 20$ km/jam

Grafik hubungan volume, kecepatan, dan kepadatan dengan model grenshield, greenberg, dan underwood pada hari-hari berikutnya dengan masing-masing arah dapat dilihat pada Lampiran

PENUTUP

Kesimpulan

Setelah penulis melakukan survey penelitian di lapangan selama 3 hari pada lokasi ruas jalan raya Manado Tomohon dengan maka diperoleh kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian perhitungan hubungan volume (V), kecepatan (S), dan kepadatan (D) diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2). Untuk arah Manado-Tomohon digunakan model Underwood pada hari Senin dengan nilai R^2 tertinggi sebesar 0,8848. Sedangkan untuk arah Tomohon-Manado digunakan model Greenberg 0,9527 pada hari Sabtu menjadi dengan nilai R^2 tertinggi sebesar 0,9527.
2. Perhitungan Kapasitas dengan menggunakan hubungan matematis antara volume, kecepatan, dan kepadatan yang memiliki koefisien determinasi tertinggi:
 - a. Untuk Model Greenshields

Sesuai data tiga hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan $R^2 = 0,8713$ dengan persamaan Hubungan ($S - D$), $S = 51,51942 - 0,58205 D$

Hubungan ($V - D$), $V = 51,51942 D - 0,58205 D^2$

Hubungan ($V - S$), $V = 88,51365 S - 1,71806 S^2$

Kapasitas (V_m) = 1140, 04 smp/jam.

Kepadatan Maksimum (D_m) = 44,26 kend/km. Dan Kecepatan Maksimum (S_m) = 25,76 km/jam.

- b. Untuk Model Greenberg

Sesuai data tiga hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan $R^2 = 0,9527$ dengan persamaan Hubungan ($S - D$), $S = 76,3554 - 14,1890.LnD$

Hubungan ($V - D$), $V = 76,3554.D - 14,1890.DLnD$

Hubungan ($V-S$), $V = 217,3052.S.e^{-0,0705 .S}$

Kapasitas (V_m) = 1134,30 smp/jam.

Kepadatan Maksimum (D_m) = 79,94 kend/km. Dan Kecepatan Maksimum (S_m) = 14,19 km/jam.

- c. Untuk Model Underwood

Sesuai data tiga hari survey yang memiliki koefisien determinasi tertinggi adalah hari Sabtu dengan $R^2 = 0,9125$ dengan persamaan Hubungan ($S - D$), $S = 40,38438.e^{-0,0127.D}$

Hubungan ($V-D$), $V = 40,38348.De^{-0,0127 .D}$

Hubungan ($V - S$), $V = 291,803.S - 78,899.SLnS$

Kapasitas (V_m) = 1172,17 smp/jam.

Kepadatan Maksimum (D_m) = 78,90 kend/km. Dan Kecepatan Maksimum (S_m) = 14,86 km/jam

3. Perhitungan Kapasitas menggunakan MKJI 1997 adalah Kapasitas (V_M) = 2790 smp/jam
4. Dari ketiga model yaitu Greenshields, Greenberg, dan Underwood yang mendekati dengan kapasitas menggunakan MKJI 1997 dengan Kapasitas (V_M) = 2790 smp/jam adalah model Greenberg dengan Kapasitas (V_M) = 2276,10 smp/jam.

Saran

1. Dari hasil survey penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa volume lalu lintas yang terjadi cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan manajemen lalu lintas oleh pemerintah daerah setempat. Dengan

- demikian diharapkan dapat mengurangi tingkat kemacetan yang terjadi pada ruas jalan tersebut.
2. Untuk hasil studi penelitian dari perhitungan perbandingan kapasitas dan hubungan karakteristik arus lalu lintas yang lebih akurat, sebaiknya dilakukan penelitian tambahan pada segmen lain dari ruas jalan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hamburger, S dan Grach, R.Mc, *Transportation and Traffic Engineering Hand Book*
- Hobbs. 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- MKJI. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum
- Morlock, E. K. 1991. *Perencanaan Teknik dan Perencanaan Transportasi (Terjemahan)*. Erlangga. Jakarta.
- Tamin, O. Z. 1992. *Hubungan Volume, Kecepatan dan Kepadatan Lalu Lintas di Ruas Jalan HR Rasuna Said (Jakarta)*, Jurnal Teknik Sipil, Nomor 5. Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Tamin, O. Z. 2000. *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*, Edisi kedua. Jurusan Teknik Sipil. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Wohl, M dan Marthin, B.V. 1990. *Traffic System Analysis For Engineers and Planners*. Mc Graw Hill, New York.